

第7回 超高压ガス設備分科会 議事録

I. 日時： 令和元年8月26日（月） 13：30～17：30

II. 場所： 高压ガス保安協会 第4会議室

III. 出席者（順不同、敬称略）：

主 査：小林

副 主 査：辻

委 員：朝田、荒島、寺田、山中、小島、高梨

K H K：加藤、富岡、磯村、梶山、小池

IV. 議題：

- (1) 疲労に係る規定の見直しについて
- (2) 高压水素に係る規定の見直しについて
- (3) その他

V. 配布資料：

- 7資料1 第6回 超高压ガス設備分科会 議事録
- 7資料2 疲労に係る規定の検討の内容、方針及び対応状況について
- 7資料3 低合金鋼の最適疲労曲線について
- 7資料4 オーステナイト系ステンレス鋼の最適疲労曲線について
- 7資料5 インコネル718の最適疲労曲線について
- 7資料6 2.25Cr-1Mo改良鋼の最適疲労曲線について
- 7資料7 高压水素に係る規定の検討の内容、方針及び対応状況について
- 7資料8 本文改定案（高压水素に係る規定に関するもの）
- 7資料9 附属書XIV（案）
- 7資料10 高強度低合金鋼の K_{IH} について
- 7資料11 K_{IH} の求め方について
- 7資料12 高強度低合金鋼の高压水素ガス中疲労き裂進展速度について

VI. 議事概要：

1. 議題（1）疲労に係る規定の見直しについて

1. 1 疲労に係る規定の検討の内容、方針及び対応状況について

7資料2に基づき、疲労に係る規定の検討の内容、方針及び対応状況について、事務局が説明を行った。これについて、特段の意見はなかった。

1. 2 低合金鋼の最適疲労曲線について

7資料3に基づき、低合金鋼の最適疲労曲線について、荒島委員が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

- 1) JWES の最適疲労曲線は、NIMS のデータを含んでいるため、NIMS の疲労試験データを比較対象とするべきではないと思われる。また、SNCM439 の低サイクル側で最適疲労曲線と NIMS の疲労試験データのずれが大きくなっているのはなぜか。
- 2) NIMS 及び九州大学の疲労試験データは製品及び試験片の段階で合計2回熱処理したものが含まれているため、疲労試験データの確認が必要である。
- 3) JWES の最適疲労曲線に使用した引張強さは全データの平均値を使用しているのか。
→ そのとおりである。
- 4) 材料の降伏強さはどの程度か。
→ 降伏比が0.8程度であるため、800N/mm²程度と考えられる。
- 5) 最適疲労曲線からの疲労試験データのずれの原因は、荷重制御の疲労試験データと比較しているからではないか。
- 6) 疲労試験データには強度低減材が含まれているため、強度低減材のみの比較も必要と思われる。

以上の結果、次の①から④の検討事項が決定された。

- ① 上記1)について、最適疲労曲線を作成する際に使用した NIMS の疲労試験データを確認する（高梨委員）。
- ② 上記2)について、2回熱処理を行った疲労試験データを確認する（高梨委員）。
- ③ 引張強さの最大値及び最小値をとった場合に、最適疲労曲線がどの程度変動するか確認する（荒島委員）。
- ④ 上記6)について、強度低減材について疲労試験データと最適疲労曲線の比較を行う（荒島委員）。

1. 3 オーステナイト系ステンレス鋼の最適疲労曲線について

7資料4に基づき、オーステナイト系ステンレス鋼の最適疲労曲線について、高梨委員が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

- 1) 最低疲労曲線を作成する際に使用した疲労試験データのうち、引張強さが低いものは、すべてひずみ制御のデータか。
→ ひずみ制御のデータが主であるが、荷重制御の試験データで、ひずみ計測データがあるものも含まれている。
→ 荷重制御の NIMS の疲労試験データは含まれていないということでよいか。
→ おそらく含まれていないと思われるが、確認する。
- 2) NIMS の疲労試験データ（荷重制御）と JWES の疲労試験データ（ひずみ制御）では高寿命側の疲労強度に違いがあるため、引張強さに依存しない JWES の最適疲労曲線の式とは合わない。JWES の最適疲労曲線が、ひずみ制御の場合にしか適用できない

ものであるのか確認が必要である。

- 3) 荷重制御で設計する場合については、JWES の最適疲労曲線とのずれがあるため、適用範囲を設定する必要がある。
- 4) 水素チャージ材では、水素ガス雰囲気の水素の影響を評価できない。水素チャージ材では応力ひずみ関係が高強度側になるが、水素ガス雰囲気ではこの効果はでない。
- 5) 水素チャージ材については、試験後に水素量の測定を行っているか。
→ していない。水素が材料表面から抜けていく過程で、水素の影響を見ている。

以上の結果、次の①及び②の検討事項が決定された。

- ① JWES の最適疲労曲線を作成する際に使用した NIMS の疲労試験データを確認する（高梨委員）。
- ② 荷重制御の疲労試験データについて、JWES の最適疲労曲線を適用できる範囲を確認する（高梨委員）。

1. 4 インコネル 718 の最適疲労曲線について

7 資料 5 に基づき、インコネル 718 の最適疲労曲線について、事務局が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

- 1) 標準偏差をプロットデータ ($\log \sigma$) から直接求めているが、JWES で求めた標準偏差はひずみ比及び寿命比に対して求めた値であるので、比較対象として適切でないのでは。
→ JWES ではプロットデータから直接求めた場合と比から求めた場合の 2 種類の標準偏差があるため、比較対象の標準偏差がどちらであるか確認する。
- 2) JWES で検討したインコネルの種類はなにか。
→ 主に 600 系であり、インコネル 718 は含まれていないと思われる。
- 3) JWES の最適疲労曲線がすべての種類のインコネルに対して適用できるものとなっているか。
→ 調査に使用した種類に限定している。
- 4) インコネル 718 以外のインコネルについては高圧ガス設備で需要はあるか。
→ 需要は少ない。なお、原子力の分野では需要はある。

以上の結果、次の①から③の方針及び検討事項が決定された。

- ① 比較対象の標準偏差の求め方を確認する（事務局）。
- ② 上記 2) について、JWES で最適疲労曲線を作成する際に使用したインコネルの種類を確認する（事務局）。
- ③ インコネル 718 と 600 系のインコネルは別々の最適疲労曲線として検討する。

1. 5 2.25Cr-1Mo 改良鋼の最適疲労曲線について

7 資料 6 に基づき、2.25Cr-1Mo 改良鋼の最適疲労曲線について事務局が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

- 1) JWES の最適疲労曲線は 200℃以上では適用外としているため、現行の設計疲労曲線の運転温度の範囲 400～500℃では適用しないということによいと思われる。
- 2) 現行の 2.25Cr-1Mo 改良鋼の設計疲労曲線の用途は限定的である。最適疲労曲線と標準偏差を与えておけば、より合理的な設計ができると思われる。

以上の結果、次の①及び②の方針が決定した。

- ① JWES の最適疲労曲線は適用しないこととする。
- ② 現行の設計疲労曲線から最適疲労曲線に変更する。標準偏差については今後検討する。

1-6 JSME 及び ASME 規格における新しい疲労評価規格案について

参考資料 4（非公開）に基づき、JSME 及び ASME 規格における新しい疲労評価規格案について、朝田委員が紹介を行った。これについて次の意見等があった。

- 1) ASME Code Case については規格案の番号で規格に載るのか。
→ 現状は、レコード番号をとった段階であるので、未定である。
- 2) KHKS0220 の疲労評価規定案も、JSME 及び ASME 規格の疲労評価規定案と同様の構成になるのか。
→ 同様の構成としている。
→ 材料の区分についても、同様とするのか。
→ 最終的な区分けについては、事務局で検討する。

2. 議題（2）高圧水素に係る規定の見直しについて

2. 1 高圧水素に係る規定の検討の内容、方針及び対応状況について

7 資料 7 に基づき、高圧水素に係る規定の検討の内容、方針及び対応状況について、事務局が説明を行った。これについて、特段の意見はなかった。

2. 2 本文改定案（高圧水素に係る規定に関するもの）

7 資料 8 に基づき、本文改定案（高圧水素に係る規定に関するもの）について、事務局が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

- 1) 引用規格として JIS B 8267 が含まれていない。
- 2) 破裂前漏えいが成立した場合に、き裂進展解析を不要としている理由はなにか。
→ 圧力容器の設計思想としてルール化されているものである。破裂前漏えいを前提としており、不成立の場合にはき裂進展解析により確認することとなっている。なお、この場合におけるき裂進展解析は、疲労寿命を決定するためのものではない。
- 3) 水素用の設備は、広い意味で解釈される可能性があるが、定義を規定する必要があるか。
→ 超高压ガス設備という前提があるため、用途は限定される。本文では簡単な表記とし、附属書の適用範囲で明確にする。
→ ASME Sec.VIII-3 KD-10 を参考に、適用範囲を限定すればよいのではないか。

以上の結果、次の①及び②の方針が決定した。

- ① 引用規格として JIS B 8267 を含める。また、引用箇所の規定も見直す。
- ② 本文における水素用の設備の規定については、簡単な規定とする。

2. 3 附属書 XIV（案）

7 資料 9 に基づき、附属書 XIV（案）について、事務局が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

- 1) JIS G 3441 には、熱処理性向上のために B を添加した、SCM435-TKB 及び SNCM439-TKB があるが、当該材料は適用材料に含まれるか。
 - 後の項で規定する物性値に影響がなければ含めることとする。
 - B を添加しても物性値に影響がないことを示すデータはある。
- 2) SA-723 Class2 は、引張強さの規格値から、強度低減材の範囲には含まれないため、SA-723 Class1 にするべきではないか。
- 3) オーステナイト系ステンレス鋼の冷間加工材は使用可能な材料に記載しないか。
 - 冷間加工材の材料規格がないため、ここでは材料規格の材料記号のみとする。
- 4) 強度低減材の引張強さについては、JARI S 003 (2018)において 900N/mm² まで水素適合性の確認がされているため、900N/mm² を超える材料は SSRT 試験による水素適合性の確認が必要である。
- 5) ASME 材についても強度低減材とするのか。
 - ASME 材の取扱いについては検討する。なお、現行案では、表 1 に記載のない材料は SSRT 試験による水素適合性の確認を要求している。
- 6) 規定の順序は、SSRT 試験による水素適合性の確認を基本とし、免除規定として水素適合性が確認された材料を規定した方がよい。
- 7) 製品とは、素材と加工後の材料のどちらを意図しているか。
 - 素材と加工後の材料の両方を意図している。
 - 最終形状又は最終形状と同等という表記の方がよい。
- 8) SSRT 試験による水素適合性の確認については、応力変位線図において極大値を示すことを確認することが目的であるため、2.2.2 の c) 及び e) は見直すべきである。
- 9) オーステナイト系ステンレス鋼についても SSRT 試験による水素適合性の確認を規定し、Ni 当量による免除規定を設ける必要がある。
- 10) 水素環境下での破裂前漏えいの評価には、 K_{IH} を使用すれば安全側の評価になるが、 K_{IC} により評価する方が合理的である。また、平面ひずみ破壊靱性は水素とは無関係であるため、 K_{IC-H} を定義する意味はない。
- 11) 本文と同様に破裂前漏えいが成立すれば、き裂進展解析は不要である。ただし、水素環境下での疲労評価については、水素環境での疲労試験データが荷重制御のものしかないため、使用繰返し回数の評価のために、 K_{IH} を用いたき裂進展解析が必要となる。
- 12) 水素環境での疲労解析については、応力振幅を疲労限度以下とすると、疲労寿命の評価ができなくなるため、ある応力振幅以下では疲労解析を免除する規定にしたほうがよい。

以上の結果、次の①から⑤の方針及び検討事項が決定した。

- ① 適用材料については再度検討する。また、ASME 材の強度低減材の取扱いについて検討する（事務局）。
- ② 強度低減材の範囲は上限を 900N/mm² とする。
- ③ 水素適合性の確認については、SSRT 試験による確認を基本とし、免除規定として低合金鋼の強度低減材の規定及びオーステナイト系ステンレス鋼の Ni 当量による制限を規定する。また、SSRT 試験による水素適合性確認の規定案については再度見直す。
- ④ 破裂前漏えいの評価は K_{IC} により評価することとし、破裂前漏えいが成立した場合、疲労き裂進展解析は不要とする。
- ⑤ 疲労解析については、水素の影響を考慮した疲労強度を確認することを基本とし、応力振幅が疲労限度に対して安全係数を考慮した値以下であれば疲労解析を免除できる規定とする。安全係数については、今後検討する。

2. 4 高強度低合金鋼の K_{IH} について

7資料10に基づき、高強度低合金鋼の K_{IH} について、荒島委員が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

1) Sandiaの K_{IH} のデータは、ASME Sec.VIII-3で採用されているのか。

→ ASME Sec.VIII-3のCC 2938で $K_{I\max} 40\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ と規定されており、この値を K_{IH} として使用してもよいと規定されている。なお、適用材料の強度の上限は915MPaである。

以上の結果、次の方針が決定した。

- 高強度合金鋼（引張強さ900N/mm²以下）の K_{IH} の値として、45MPa・m^{1/2}を採用する。

2. 5 高強度低合金鋼の高圧水素ガス中疲労き裂進展速度について

7資料12に基づき、高強度低合金鋼の高圧水素ガス中疲労き裂進展速度について、荒島委員が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

1) Sandiaの提案式は、複数の応力比について示すのか。

→ 式中で応力比を考慮できるようになっている。

以上の結果、次の①及び②の方針及び検討事項が決定した。

- ① 疲労き裂進展速度式として、Sandiaの提案式を採用する。
- ② 現行のASMEの式と大気中の疲労き裂進展試験データの比較を行う。また、応力比の影響についても、検討する（荒島委員）。

3. 議題（3）その他

次回委員会は、11/26（火）13:30～17:00に開催することとなった。

以上